

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2004年4月15日 (15.04.2004)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2004/031707 A1

(51)国際特許分類: G01J 9/00, G01B 11/00, 11/28

(21)国際出願番号: PCT/JP2003/012728

(22)国際出願日: 2003年10月3日 (03.10.2003)

(25)国際出願の言語: 日本語

(26)国際公開の言語: 日本語

(30)優先権データ:
特願2002-291304 2002年10月3日 (03.10.2002) JP(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)
[JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).

(72)発明者; および

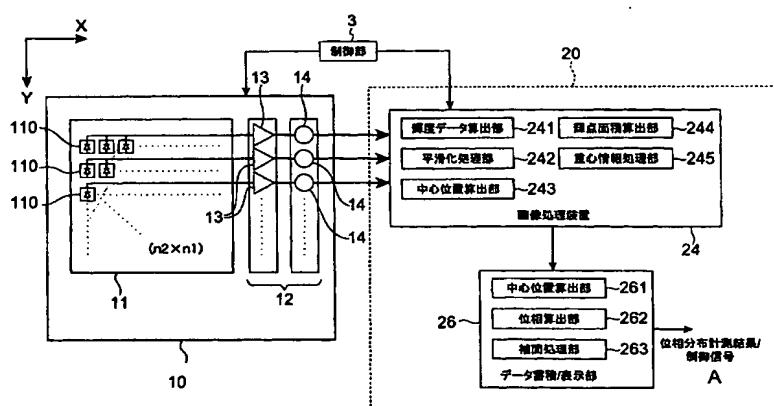
(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 豊田晴義 (TOYODA,Haruyoshi) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 向坂直久 (MUKOZAKA,Naohisa) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 宅見宗則 (TAKUMI,Munenorri) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

(74)代理人: 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA,Yoshiki et al.); 〒104-0061 東京都中央区銀座一丁目10番6号銀座ファーストビル創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PHASE DISTRIBUTION MEASURING INSTRUMENT AND PHASE DISTRIBUTION MEASURING METHOD

(54)発明の名称: 位相分布計測装置及び位相分布計測方法



3...CONTROL SECTION
 241...LUMINANCE DATA CALCULATING SECTION
 244...SPOT AREA CALCULATING SECTION
 242...SMOOTHING SECTION
 245...CENTER-OF-GRAVITY INFORMATION PROCESSING SECTION
 243...CENTER POSITION CALCULATING SECTION
 24...IMAGE PROCESSOR
 26...DATA STORAGE/DISPLAY UNIT
 261...CENTER POSITION CALCULATING SECTION
 262...PHASE CALCULATING SECTION
 263...INTERPOLATING SECTION
 A...PHASE DISTRIBUTION MEASUREMENT RESULT/CONTROL SIGNAL

calculates the position of the center of gravity of the spots on the basis of information on the center-of-gravity.

(57) Abstract: A phase distribution measuring instrument comprises a compound-eye lens (30) composed of condenser lenses (32) arranged in a matrix on a plane, a CMOS sensor (10) disposed parallel to the compound-eye lens (30) and having a light-receiving surface spaced from the compound-eye lens (30) by the focal length of the condenser lenses (32), and a phase calculator (20). A center position calculating section (243) calculates the center position of the spot (focal point) of the focused image on the light-emitting surface by comparing the luminance of a pixel with that of an adjacent pixel. A center-of-gravity information processing section (245) calculates the zero-order moment (the total of spot luminances in a center-of-gravity calculation area) of the luminances in the center-of-gravity calculation area the center of which agrees with the spot center position, the x-direction first-order moment thereof, and the y-direction first-order moment thereof. A center-of-gravity position calculating section (261)

(57)要約: 平面上に複数の集光レンズ32がマトリックス状に配置されることによって構成された複眼レンズ30と、受光面が集光レンズ32の焦点距離だけ離れて複眼レンズ30と平行になるように配置されたCMOSセンサ10と、位相算出装置20とを備える。中心位置算出部243が、隣接する画素の輝度と比較することにより受光面上の焦点像における輝点(焦点)の中心位置を算出する。重心情報処理部245が、輝点中心位

[続葉有]

WO 2004/031707 A1



(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

位相分布計測装置及び位相分布計測方法

技術分野

【0001】 本発明は、位相分布計測装置及び位相分布計測方法に関するもの
5 である。

背景技術

【0002】 従来の位相分布計測装置及び位相分布計測方法では、輝点の重心演算領域は、各集光レンズに対応する受光面の区画に固定されていた。

発明の開示

【0003】 しかしながら、従来の位相分布計測装置には、輝点が大きくずれたときに輝点が重心演算領域からはみ出すため正確な重心位置の算出ができない
10 なるという問題があった。

【0004】 そこで、本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、輝点が大きくずれたときでも正確な重心位置の算出が可能な位相分布計測装置を提供することを目的とする。
15

【0005】 上記目的を達成するために、本発明の位相分布計測装置は、平面上に複数の集光レンズがマトリックス状に配置されることによって構成された複眼レンズと、受光面上にマトリックス状に配置された複数の受光素子を含んで構成されると共に、受光面が集光レンズの焦点距離だけ離れて平面と平行になるよう配
20 25 置された撮像素子と、撮像素子から出力されるデータから複眼レンズに入射した光の位相分布を算出する位相算出装置とを備え、位相算出装置が、各受光素子が検出した光の輝度データに基づいて、受光面における輝度が極大値となる輝点中心位置を算出する中心位置算出手段と、輝点中心位置を中心とする重心演算領域における輝度の重心位置を算出する重心位置算出手段とを含んで構成されたことを特徴とする。

【0006】 中心位置算出手段により算出された輝点中心位置に基づき重心演

算領域が設定されるので、輝点のずれに伴い重心演算領域も移動する。そのため、輝点が大きくずれたときでも正確な重心位置の算出が可能になる。

【0007】 本発明の位相分布計測装置は、位相算出装置が、輝点中心位置を中心とする一定の領域において輝度が所定の閾値を超える部分の面積を算出する輝点面積算出手段を更に備え、重心演算領域は、輝点面積算出手段によって算出された面積を超える面積を占めるように設定されることが好適である。
5

【0008】 輝点面積算出手段により算出された輝度面積を超えるように重心演算領域が設定されるので、重心演算領域がより確実に輝点を包含することになる。

【0009】 本発明の位相分布計測装置は、中心位置算出手段は、輝度データのうち輝度が所定の基準値を超えるもののみに基づいて、輝点中心位置を算出し、重心位置算出手段は、輝度データのうち輝度が基準値を超えるもののみに基づいて、重心位置を算出することが好適である。
10

【0010】 輝度データのうち輝度が所定の基準値を超えるもののみに基づいて演算がなされるので、撮像素子が映像を撮像するときに生じるノイズが除去されると共に、データ処理量が軽減される。
15

【0011】 本発明の位相分布計測装置は、位相算出装置が、各受光素子に対応する輝度データを隣接する受光素子に対応する輝度データとの加重平均値に変換する平滑化処理手段を更に備えたことが好適である。

【0012】 かかる平滑化処理により撮像素子が映像を撮像するときに生じるノイズが除去される。
20

【0013】 本発明の位相分布計測装置は、位相算出装置が、重心演算領域における輝度のモーメントを算出する輝度モーメント算出手段を更に備え、中心位置算出手段及び輝度モーメント算出手段はハードウェア演算回路により構成され、重心位置算出手段が、ハードウェア演算回路の出力に基づいて重心位置を算出することが好適である。
25

【0014】 データ処理量の多い輝度モーメント算出までの演算がハードウェア演算回路により実行されるので、高速演算が可能になる

図面の簡単な説明

図1は、位相分布計測装置1の構成を示す概略図である。

5 図2は、図1に示す複眼レンズ30と受光面11との位置関係を示す図である。

図3は、図1に示すCMOSセンサ10及び位相算出装置20の機能的構成図である。

図4は、CMOSセンサ10の回路図である。

図5は、図4に示す積分回路220の詳細構成を示す回路図である。

10 図6は、平滑化処理部242の回路図である。

図7は、中心位置算出部243の回路図である。

図8は、輝点面積算出部244の回路図である（例として、面積演算領域を3×3行とした。）。

図9は、重心情報処理部245の回路図である（例として、重心演算領域を3×3行とした。）。

図10は、CMOSセンサ10及び位相算出装置20の動作の手順を示すフローチャートである。

図11Aは、デジタル画像情報P(n)の例を示す図である。図11Bは、図11Aの部分拡大図である。

20 図12は、重心位置のずれと計測対象レーザ光の入射角度のずれ（位相のずれ）との関係を示すグラフである。

図13は、各集光レンズに対応する重心演算領域が固定された位相分布計測装置の測定結果を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

25 【0015】 以下、添付図面を参照して、本発明の位相分布計測装置1の好適な実施形態について詳細に説明する。

【0016】 まず、位相分布計測装置1の構成を説明する。図1は、位相分布計測装置1の構成を示す概略図である。図2は、図1に示す複眼レンズ30と受光面11との位置関係を示す図である。図3は、図1に示すCMOSセンサ10及び位相算出装置20の機能的構成図である。図1に示すように、位相分布計測装置1は、複眼レンズ30、CMOSセンサ10、画像処理装置24及びコンピュータ25を備えている。複眼レンズ30は、焦点距離20mmの集光レンズ32が平面上に250μm間隔のマトリックス状に配置されることによって構成されている。

【0017】 図3に示すように、CMOSセンサ10は、光電変換部(CMOS)120がマトリックス状に形成された受光面11(n1列の光電変換部120で構成されるCMOSアレイ110がn2行配列されている。)及び各CMOSアレイ110に対応するA/D変換器210がn2行配列された信号処理部12を備えている。各A/D変換器210は、増幅部13及びA/D変換部14により構成されており、光電変換部120の出力を増幅させた上4ビット(16階調)のデジタルデータに変換する。図2に示すように、CMOSセンサ10は、受光面11が複眼レンズ30と平行になり、かつ各集光レンズ32の焦点が受光面11上に位置するように配置されている。

【0018】 図4は、CMOSセンサ10の回路図である。図5は、図4に示す積分回路220の詳細構成を示す回路図である。図4及び5を参照して、CMOSセンサ10の回路構成を説明する。図4に示すように、光電変換部120は、受光した光の輝度に応じて電荷を発生するフォトダイオード130と、垂直走査信号Vi(i=1~n1)に応じてフォトダイオード130に蓄積された電荷を出力するMOSFET140を1組として構成されている。

【0019】 信号処理部12のA/D変換器210j(j=1~n2)は、チャージアンプ221j(j=1~n2)を含む積分回路220j(j=1~n2)と、比較回路230j(j=1~n2)と、容量制御機構240j(j=1~n2)と

から構成されている。

【0020】 積分回路220は、CMOSアレイ110からの出力信号を入力として、この入力信号の電荷を増幅するチャージアンプ221と、チャージアンプ221の入力端子に一方の端が接続され、出力端子に他方の端が接続された可変容量部222と、チャージアンプ221の入力端子に一方の端が接続され、出力端子に他方の端が接続されて、リセット信号Rに応じてON、OFF状態となり、積分回路220の積分、非積分動作を切り替えるスイッチ素子223とから構成されている。

【0021】 可変容量部222は、チャージアンプ221の入力端子に一方の端子が接続された容量素子C1～C4と、容量素子C1～C4の他方の端子とチャージアンプ221の出力端子の間に接続され、容量指示信号C11～C14に応じて開閉するスイッチ素子SW11～SW14と、容量素子C1～C4とスイッチ素子SW11～SW14の間に一方の端子が接続され、他方の端子がGNDレベルと接続されて、容量指示信号C21～C24に応じて開閉するスイッチ素子SW21～SW24とにより構成されている。なお、容量素子C1～C4の電気容量C1～C4は、

$$C_1 = 2 \quad C_2 = 4 \quad C_3 = 8 \quad C_4$$

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

の関係を満たす。ここで、C0は積分回路220で必要とする最大電気容量であり、光電変換部120の飽和電荷量をQ0、基準電圧をV_{REF}とすると、

$$C_0 = Q_0 / V_{\text{REF}}$$

の関係を満たす。

【0022】 比較回路230は、積分回路220から出力された積分信号Vsの値を基準値V_{REF}と比較して、比較結果信号Vcを出力する。容量制御機構240は、比較結果信号Vcの値から積分回路220内の可変容量部222に通知する容量指示信号Cを出力すると共に、容量指示信号Cに相当するデジタル信号D1を出力する。

【0023】 また、CMOSセンサ10は、光電変換部120及び信号処理部12に動作タイミングの指示信号を送信するタイミング制御部300（図3に示す制御部3の一部に相当する。）を備えている。タイミング制御部300は、全回路のクロック制御を行う基本タイミングを発生する基本タイミング部310と、
5 基本タイミング部310から通知された垂直走査指示に従って、垂直走査信号Vi
(i=1~n1)を発生する垂直シフトレジスタ320と、リセット指示信号R
を発生する制御信号部340により構成されている。

【0024】 以上のような構成の信号処理部12からCMOSアレイ110毎に最上位ビット(MSB)より順次転送、出力されてくるデジタル信号は、1画素分の
10 データ長(4ビット)のバッファに保管され、パラレルシリアル変換されて出力画像となる。
15

【0025】 図3に戻り、画像処理装置24と、コンピュータ25の機能的構成要素であるデータ蓄積/表示部26を説明する。画像処理装置24及びデータ蓄積/表示部26が、CMOSセンサ10の出力に基づいて複眼レンズ30に入射した光の位相分布を算出する位相算出装置20を構成する。
20

【0026】 画像処理装置24は、機能的構成要素として輝度データ算出部241、平滑化処理部242、中心位置算出部243、輝点面積算出部244及び重心情報処理部245を備える。輝度データ算出部241は、CMOSセンサ10の出力を分析・整理して受光面11における焦点像のデジタル画像情報を構成する機能を有する。
25

【0027】 平滑化処理部242は、輝度データ算出部241が算出したデジタル画像情報における各画素の輝度データを上下左右に位置する画素の輝度データとの加重平均値に変換することにより平滑化する機能を有する。図6は、平滑化処理部242の回路図である。デジタル画像情報から平滑化処理の対象となる画素及びその上下左右の画素の輝度値が抽出され、データバッファに格納される。これらの輝度値は積算回路、加算回路及び除算回路により加重平均される。
25

5

【0028】 中心位置算出部 243 は、平滑化されたデジタル画像情報における輝点の中心位置を算出する機能を有する。図 7 は、中心位置算出部 243 の回路図である。平滑化処理されたデータ列は、3 行分のデータバッファに入力される。そこに蓄えられたデータのうち、 3×3 画素のデータに対して、中央のデータ $d(x, y)$ が、近傍画素のデータ値より大きいかどうかの判断を行う。 $d(x, y)$ が、全ての近傍データより大きい場合に、「極大値である=輝点である」と判断し、その位置 (x, y) および輝度値 $d(x, y)$ を出力する。

10

【0029】 輝点面積算出部 244 は、各輝点の面積（画素数）を算出する機能を有する。図 8 は、輝点面積算出部 244 の回路図である（例として、面積演算領域を 3×3 行とした。）。3 行分のデータバッファに蓄えられた 3×3 画素のデータに対して、比較器によりそれぞれの画素値と閾値 th との比較が行われ、総和回路により閾値 th よりも大きいデータの画素数が算出される。

15

20

【0030】 重心情報処理部 245 は、各輝点の面積（画素数）に基づいて重心演算領域を設定した上、重心演算領域における重心情報を演算する機能を有する。この重心情報には、0 次輝度モーメント（重心演算領域における輝点輝度の合計値）、 x 方向（受光面 11 又はデジタル画像情報における水平方向）の 1 次輝度モーメント及び y 方向（受光面 11 又はデジタル画像情報における垂直方向）の 1 次輝度モーメント）が含まれる。図 9 は、重心情報処理部 245 の回路図である（例として、重心演算領域を 3×3 行とした。）。3 行分のデータバッファに蓄えられた 3×3 画素のデータに対して、 x 方向の 1 次輝度モーメント、 y 方向の 1 次輝度モーメント及び 0 次輝度モーメントが算出される。

【0031】 データ蓄積／表示部 26 は、重心位置算出部 261、位相算出部 262 及び補間処理部 263 を備える。重心位置算出部 261 は、重心情報に基づき各輝点の重心位置を算出する機能を有する。

25

【0032】 位相算出部 262 は、各輝点の重心位置の重心初期位置（位相のずれがない場合の輝点の重心位置）からのずれに基づいて、位相を算出する機能

を有する。

【0033】 補間処理部263は、算出された位相データを補間することにより連続的な位相分布を取得する機能を有する。

【0034】 次に、位相分布計測装置1の動作を説明する。計測対象レーザ光が複眼レンズ30を通過すると、受光面11上に各集光レンズ32に対応する焦点の映像が生じる。この映像がCMOSセンサ10に撮像された上、位相算出装置20にデータ処理される。図10は、CMOSセンサ10及び位相算出装置20の動作の手順を示すフローチャートである。以下、図10のフローチャートを参照してCMOSセンサ10及び位相算出装置20の動作を説明する。

【0035】 まず、CMOSセンサ10が受光面11上の映像を走査することによって1フレームの撮像をする(S502)。同時に、輝度データ算出部241が、CMOSセンサ10から出力される各画素の輝度(4ビットデジタル情報)を分析・整理して1フレームのデジタル画像情報P(n)(n:フレーム番号)として構成する(S504)。図11Aにデジタル画像情報P(n)の例を、図11Bにその部分拡大図を示す。

【0036】 平滑化処理部242が、デジタル画像情報P(n)の平滑化処理を行う(S506)。具体的には、各画素の輝度と上下左右の画素の輝度との加重平均を2回繰り返す。平滑化処理のアルゴリズムを次に示す。

$$d_{\text{new}}(x, y) = [d(x-1, y) + d(x, y-1) + d(x+1, y) + d(x, y+1) + 4d(x, y)]/8;$$

20 $d(x, y) = d_{\text{new}}(x, y);$

$$d_{\text{new}}(x, y) = [d(x-1, y) + d(x, y-1) + d(x+1, y) + d(x, y+1) + 4d(x, y)]/8;$$

$$d(x, y) = d_{\text{new}}(x, y);$$

なお、dは画素の輝度、(x, y)は受光面11又はデジタル画像情報P(n)における画素の座標を示す。

【0037】 また平滑化処理部242は、平滑化処理が施されたデジタル画像情報P(n)から所定の基準値以下の輝度データを削除する(S508)。かかる平

滑化処理及び基準値以下の輝度データの削除により、CMOSセンサ10の撮像過程で生じるノイズを低減させることができる。また、不要なデータが削除されることにより演算速度が向上する。

【0038】 中心位置算出部243は、平滑化処理が施されたデジタル画像情報P(n)における各輝点の中心位置及びその輝度を算出する(S510)。具体的には、各画素の輝度と上下左右の輝度を比較し、当該画素の輝度が上下左右のいずれよりも高かった場合に当該画素が輝点の中心位置であると判断する。中心位置算出のアルゴリズムを次に示す。

```
k=0;  
for (x=0; x<X 方向画素数 ; x++) [  
    for (y=0; y<Y 方向画素数 ; y++) [  
        if( ((d(x, y)>d(x-1, y)) & ((d(x, y)>d(x, y-1)) & ((d(x, y)>d(x+1, y)) &  
            ((d(x, y)>d(x, y+1)) ) [  
            p(n, k)[d]=d(x, y); p(n, k)[x]=x; p(n, k)[y]=y; k=k+1;]) )
```

なお、p(n, k)[d]は第nフレームの第k番目の輝点中心位置における輝度を、
p(n, k)[x]は第nフレームの第k番目の輝点中心位置のx座標を、p(n, k)[y]は第
nフレームの第k番目の輝点中心位置のy座標を示す。

【0039】 輝点面積算出部244が、各輝点の面積(画素数)を算出する(S512)。具体的には、輝点中心位置を中心とする所定の大きさの領域(2h×2h)において所定の閾値thを超える輝度の画素数をカウントする。輝点面積算出のアルゴリズムを次に示す。

```
p(n, k)[s]=0;  
for (xx=x-h; xx<x+h; xx++) [  
    for (yy=y-h; yy<y+h; yy++) [  
        if( d(x, y)>th ) [  
            p(n, k)[s] = p(n, k)[s]+1;]]]
```

【0040】 重心情報処理部245は、各輝点について輝点面積算出部244によって算出された輝点面積に応じた大きさの重心演算領域（ $2r \times 2r$ ）を算出する。rの値は、例えば $4(r-1)^2 \leq$ 輝点面積 $\leq 4r^2$ を満たすように設定される。

5 【0041】 また重心情報処理部245は、重心演算領域における重心情報（各輝点の0次輝度モーメントp(n, k)[sum]、x方向の1次輝度モーメントp(n, k)[x_sum]及びy方向の1次輝度モーメントp(n, k)[y_sum]）を算出し（S516、S518、S520）、後段のデータ蓄積／表示部26へ重心情報を転送する（S522）。重心情報算出のアルゴリズムを次に示す。

10 p(n, k)[sum]=0; p(n, k)[x_sum]=0; p(n, k)[y_sum]=0;
for(xx=x-r; xx<x+r; xx++) [
for(yy=y-r; yy<y+r; yy++) [
p(n, k)[sum] = p(n, k)[sum] + d(xx, yy);
p(n, k)[x_sum] = p(n, k)[x_sum] + xx* d(xx, yy);
15 p(n, k)[y_sum] = p(n, k)[y_sum] + yy* d(xx, yy);]]

【0042】 以上の画像処理装置20の処理は、ハードウェア回路により行われる。近年、上記のような画像演算処理を行うハードウェアを簡易に開発実装できるデバイスとしてFPGA(Field Programmable Gate Array)などが実用化されており、演算対象に応じた処理をハードウェア化する作業を効率的に行うことが可能となっている。さらに、HDL（ハードウェア記述言語）を用いることでソフトウェア的な処理内容の記述で回路設計が可能となっているため、所望の画像処理を行うハードウェアを容易に作成することができる。こうして作成したハードウェアによって画像処理を行うことで、汎用的な回路によりソフトウェアで画像処理を行う場合に比べて高速での演算が可能となる。CMOSセンサ10では各CMOSアレイ210に対応するA/D変換器210がシリアル・パラレル処理を行うため1kHzレベルの高速フレームレートが実現されるが、画像処理裝

置 20 もハードウェア化により 1 kHz レベルの高速応答速度を達成できる。

【0043】 また、データ蓄積／表示部 26 へ出力されるデータは重心情報及びその他の特徴量データであるので、データ蓄積／表示部 26 が処理するデータ量を軽減させることができる。例えば、 128×128 画素の光電変換部 120 を持つセンサで考えた場合、画像データをそのまま出力した場合には、 $128 \times 128 \times 8 \text{ bit} = 16 \text{ Kbyte}$ の通信データ量となるが、データ処理で得た輝度データ及び重心情報などを通信データとすることで、1 輝点あたりの情報は $64 \text{ bit} = 8 \text{ byte}$ 程度に抑えることが可能である。したがって、例えば 1 画面中に 100 点の輝点情報があった場合に、合計 800 byte の通信データ量（画像に比較して約 20 分の 1）に圧縮して出力することが可能となる。この圧縮率は、高い解像度の受光部を用いるほど顕著となる。

【0044】 重心位置算出部 261 は、重心情報に基づいて各輝点の重心位置を算出する（S524）。重心位置算出のアルゴリズムを次に示す。

$$(x \text{ 方向の輝点重心位置}) p_x = p(n, k)[x_sum] / p(n, k)[sum];$$

$$(y \text{ 方向の輝点重心位置}) p_y = p(n, k)[y_sum] / p(n, k)[sum];$$

【0045】 以上の計算から重心位置をサブピクセルで求めることが可能になる。すなわち、画素単位より細かい単位で輝点の重心位置を計算することができる。

【0046】 位相算出部 262 は、各輝点の重心位置に基づいて x 方向の位相 w_x 及び y 方向の位相 w_y を算出する（S526）。位相算出のアルゴリズムを次に示す。

$$(x \text{ 方向の位相}) w_x = (p_x - p_{x0}) / f$$

$$(y \text{ 方向の位相}) w_y = (p_y - p_{y0}) / f$$

なお、 (p_{x0}, p_{y0}) は重心位置の初期値（位相のずれがない場合の輝点の重心位置）を示し、f は集光レンズ 32 の焦点距離を示す。

【0047】 補間処理部 263 は、S526 で得られた位相の離散データを補

間して、位相分布データを取得する（S 5 2 8）。すなわち、各集光レンズ3 2に
対応する輝点毎に計算された位相情報から、ブロック間の補間演算や、周辺ブロ
ックとの連続性を制約条件に補間計算を行う。例えば、線形な補間を行う場合に、
あるブロック（x, y）の位相（w_x, w_y）とその周辺ブロックの値から、ブロック間の
5 中間位置（x', y'）の位相（w'_x, w'_y）は、一般的な線形補間計算により次のように
表される。

$$w'_x = w_{x0} + (w_{x1} - w_{x0}) * (x' - x_0) / (x_1 - x_0)$$

$$w'_y = w_{y0} + (w_{y1} - w_{y0}) * (y' - y_0) / (y_1 - y_0)$$

ただし、x₀ < x' < x₁、y₀ < y' < y₁を満たすものとする。

10 【0 0 4 8】 S 5 2 8 に続いて次のフレームについて上記の処理が繰り返され
る。

【0 0 4 9】 なお、上記の実施形態では輝度モーメントを算出する際の座標は
全輝点について共通のものが用いられたが、輝点中心位置を原点として各輝点の
輝度モーメントを算出してもよい。その場合は、輝度モーメントを0次モーメン
トで除算することにより、輝点中心位置と重心位置との差が算出される。この差
15 を輝点中心位置の座標に加算することによって重心位置が算出される。

【0 0 5 0】 次に、位相分布計測装置1の効果を説明する。重心演算領域がフ
レーム毎に各輝点の位置に応じて決定されるので、重心位置を正確に算出するこ
とができる。また、複眼レンズ3 0を設計する上でどのようなレンズ形状、ピッ
20 チも適用可能になる。

【0 0 5 1】 図1 2は、重心位置のずれと計測対象レーザ光の入射角度のずれ
(位相のずれ)との関係を示すグラフである。横軸は計測対象レーザ光の傾き角
度を示し、縦軸は重心位置(6つのブロックにおけるx方向の輝点の重心位置)
を示す。計測対象レーザ光の入射角を0. 0 5度毎に変化させたとき、重心位置
25 が約0. 8画素ずつ移動した。また、傾き角度が約0. 5度の範囲であるとき重
心位置のずれと計測対象レーザ光の入射角度のずれ(位相のずれ)の関係は良好

な線形性を示し、位相分布計測装置 1 の高精度特性が確認された。

【0052】 図13は、各集光レンズに対応する重心演算領域が固定された位相分布計測装置の測定結果を示す。図12におけると同様に計測対象レーザ光の入射角度をずらしていくところ、重心位置のずれと入射角度のずれ（位相のずれ）との関係が線形性を示す領域は狭くなった。このように、各集光レンズに対応する重心演算領域が固定された位相分布計測装置では、入射角度のずれ（位相のずれ）が大きくなったとき実際の輝点領域が重心演算領域から大きく外れてしまうので、演算精度が悪くなってしまう。

産業上の利用可能性

【0053】 本発明は、例えば天文観測装置に適用可能である。

請求の範囲

1. 平面上に複数の集光レンズがマトリックス状に配置されることによって構成された複眼レンズと、

受光面上にマトリックス状に配置された複数の受光素子を含んで構成されると共に、前記受光面が前記集光レンズの焦点距離だけ離れて前記平面と平行になるように配置された撮像素子と、

前記撮像素子から出力されるデータから前記複眼レンズに入射した光の位相分布を算出する位相算出装置とを備え、

前記位相算出装置が、

前記各受光素子が検出した光の輝度データに基づいて、前記受光面における輝度が極大値となる輝点中心位置を算出する中心位置算出手段と、

前記輝点中心位置を中心とする重心演算領域における輝度の重心位置を算出する重心位置算出手段とを備えた

ことを特徴とする位相分布計測装置。

2. 前記位相算出装置が、前記輝点中心位置を中心とする一定の領域において輝度が所定の閾値を超える部分の面積を算出する輝点面積算出手段を更に備え、

前記重心演算領域は、前記輝点面積算出手段によって算出された面積を超える面積を占めるように設定される

ことを特徴とする請求項 1 記載の位相分布計測装置。

3. 前記中心位置算出手段は、前記輝度データのうち輝度が所定の基準値を超えるもののみに基づいて、前記輝点中心位置を算出し、

前記重心位置算出手段は、前記輝度データのうち輝度が前記基準値を超えるもののみに基づいて、前記重心位置を算出する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の位相分布計測装置。

4. 前記位相算出装置が、各前記受光素子に対応する輝度データを隣接する前記受光素子に対応する輝度データとの加重平均値に変換する平滑化処理手段を

更に備えた

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の位相分布計測装置。

5. 前記位相算出装置が、前記重心演算領域における輝度のモーメントを算出する輝度モーメント算出手段を更に備え、

前記中心位置算出手段及び前記輝度モーメント算出手段はハードウェア演算回路により構成され、

前記重心位置算出手段が、前記ハードウェア演算回路の出力に基づいて前記重心位置を算出する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の位相分布計測装置。

10 6. 複眼レンズに光を入射させた上、撮像素子によって前記光の焦点像を撮像する撮像ステップと、

輝度データ算出手段に、前記撮像素子の各受光素子が検出した光の輝度データを算出させる輝度データ算出ステップと、

15 中心位置算出手段に、前記輝度データに基づいて、前記受光面における輝度が極大値となる輝点中心位置を算出させる中心位置算出ステップと、

重心位置算出手段に、前記輝点中心位置を中心とする重心演算領域における輝度の重心位置を算出させる重心位置算出ステップと

位相算出手段に、前記重心位置の所定の焦点位置からのずれに基づいて、前記複眼レンズに入射した光の位相を算出させる位相算出ステップとを含む

20 ことを特徴とする位相分布計測方法。

7. 前記重心位置算出ステップは、前記輝点中心位置と前記重心位置との差を算出するステップと、前記差から前記重心位置を算出するステップとを含むことを特徴とする請求項 6 記載の位相分布計測方法。

図1

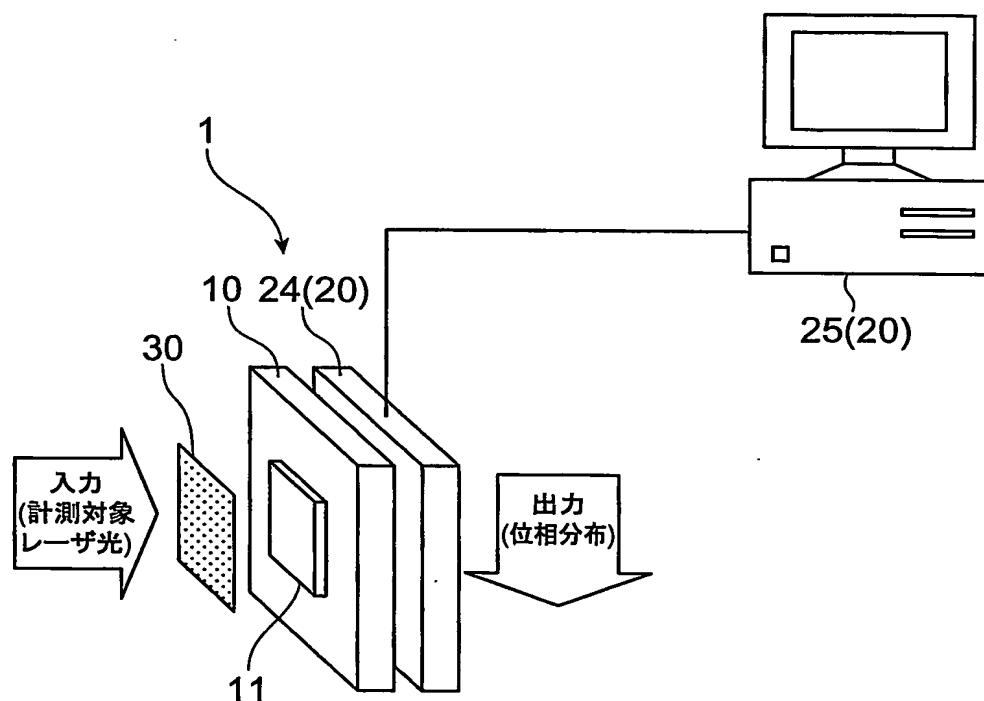
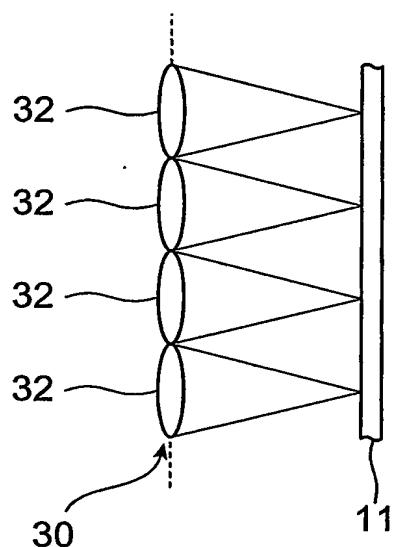


図2



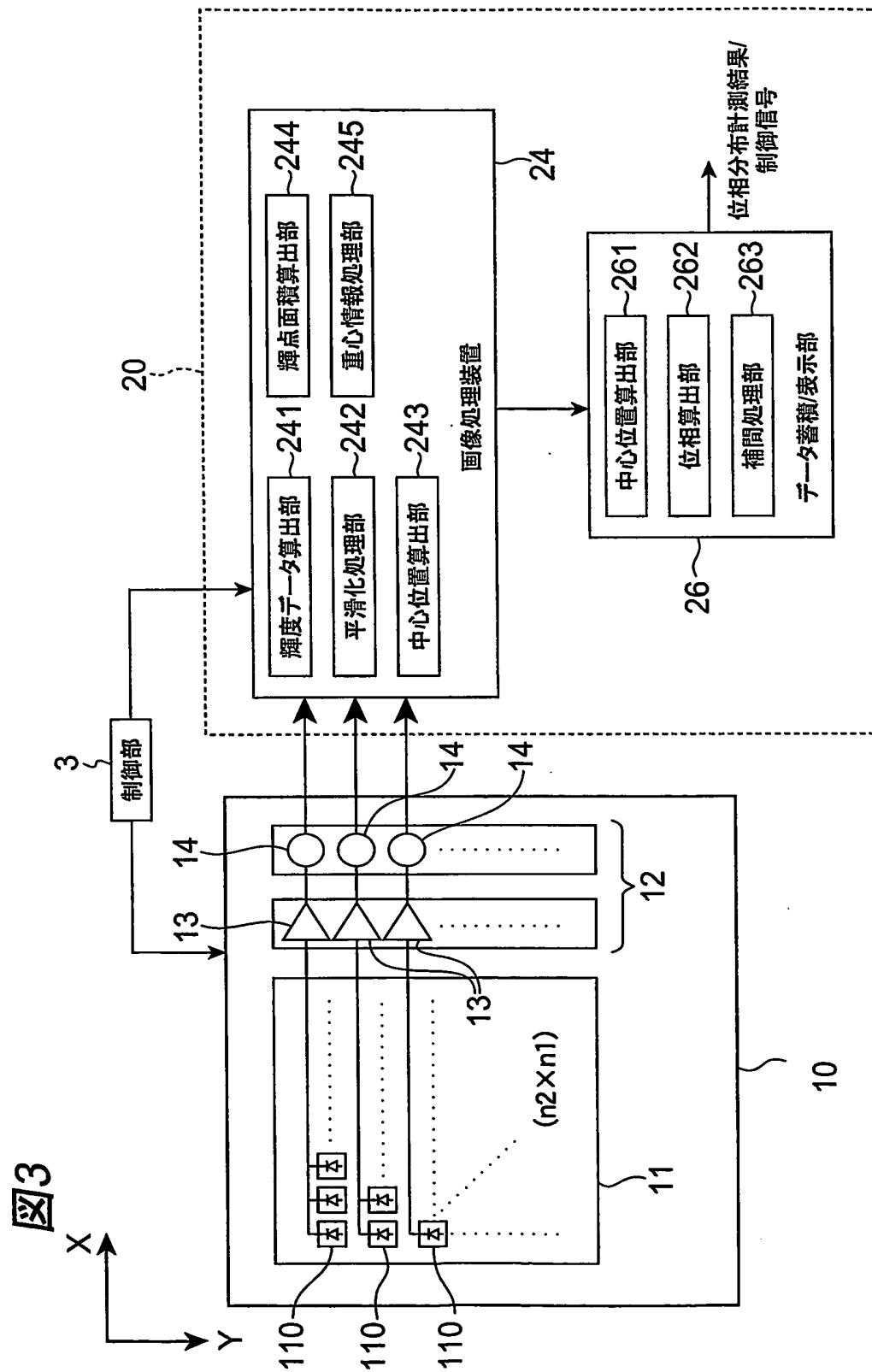


図4

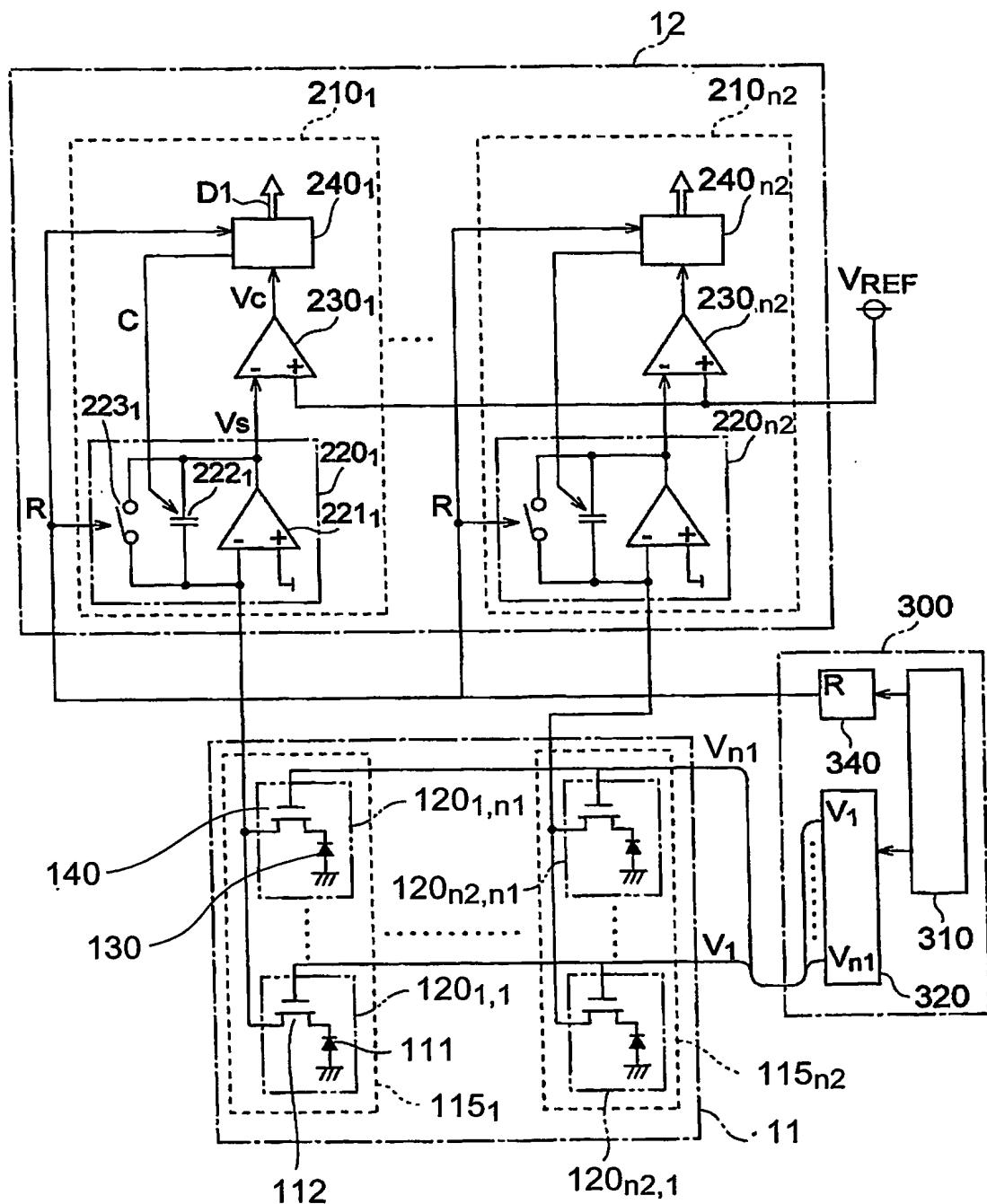


図5

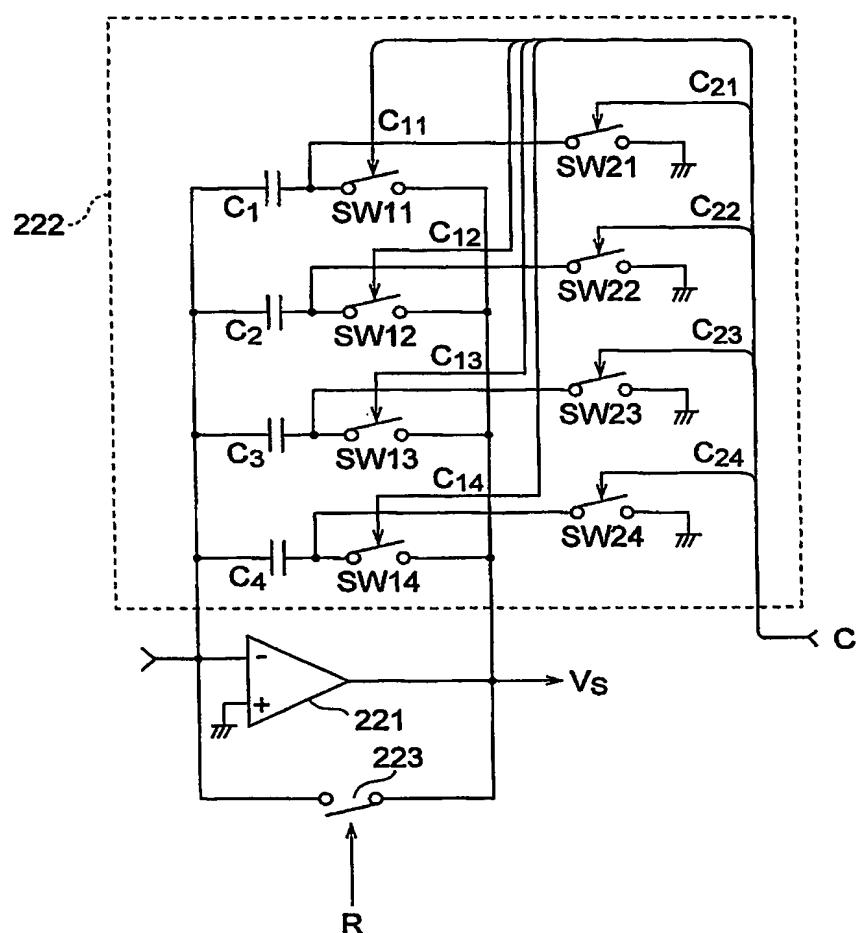


図6

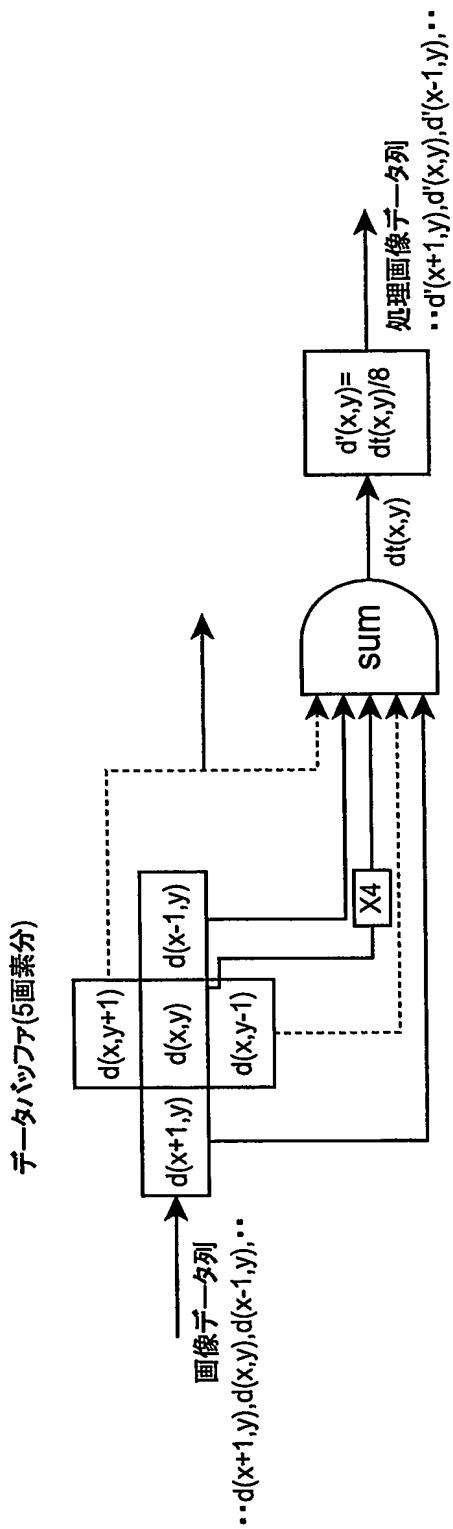
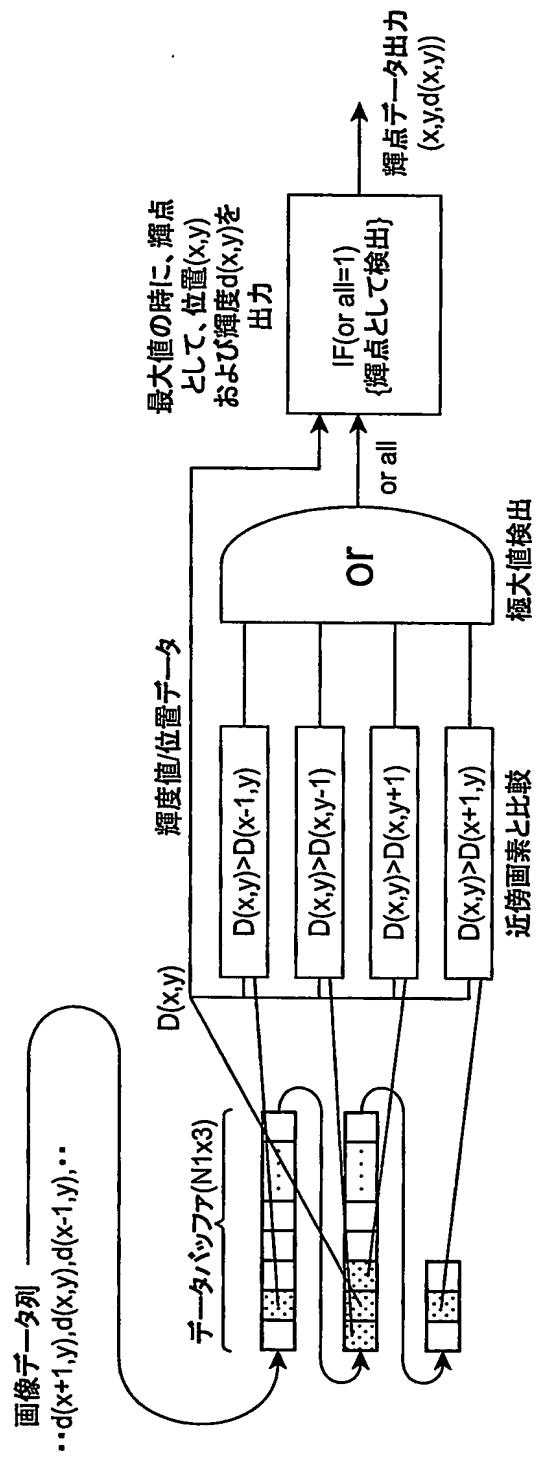


図7



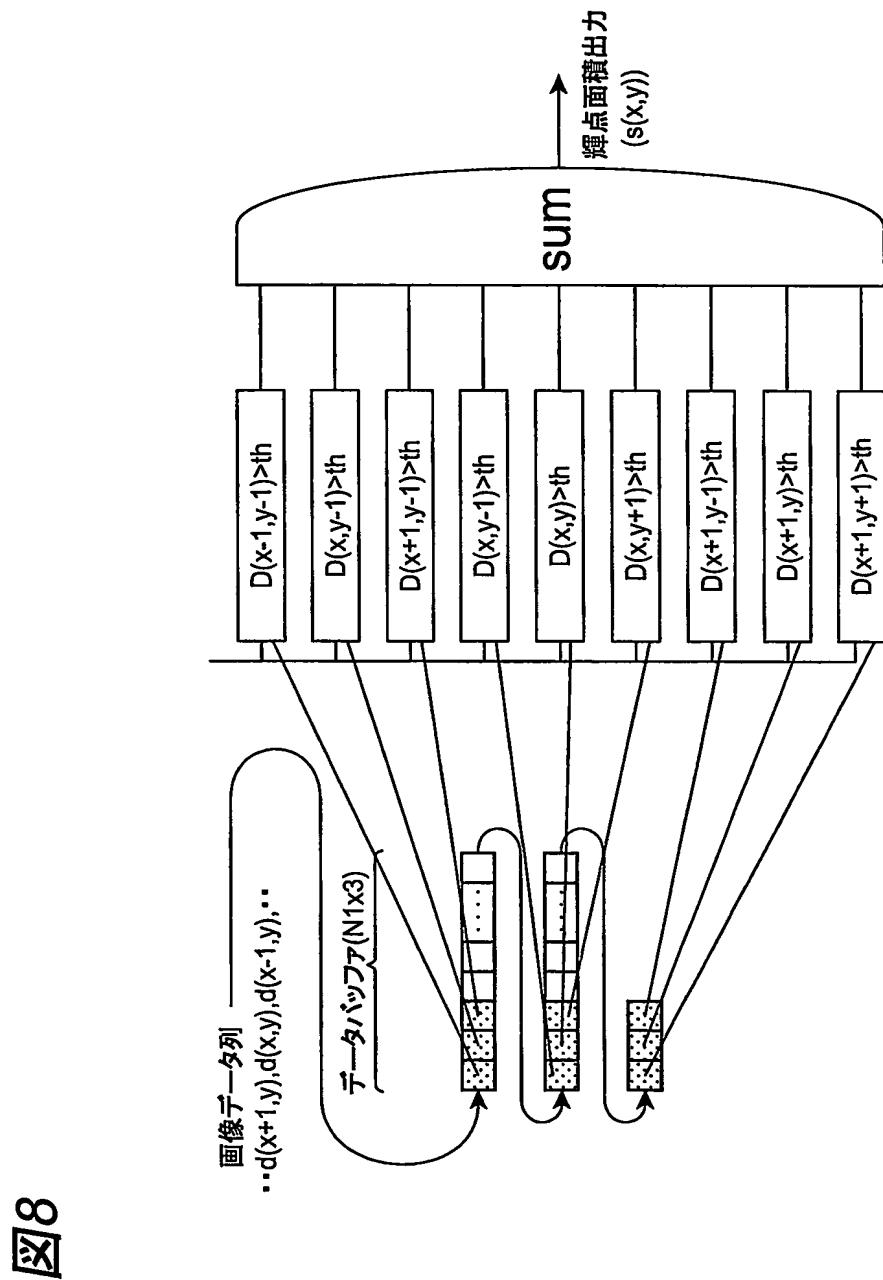


図9

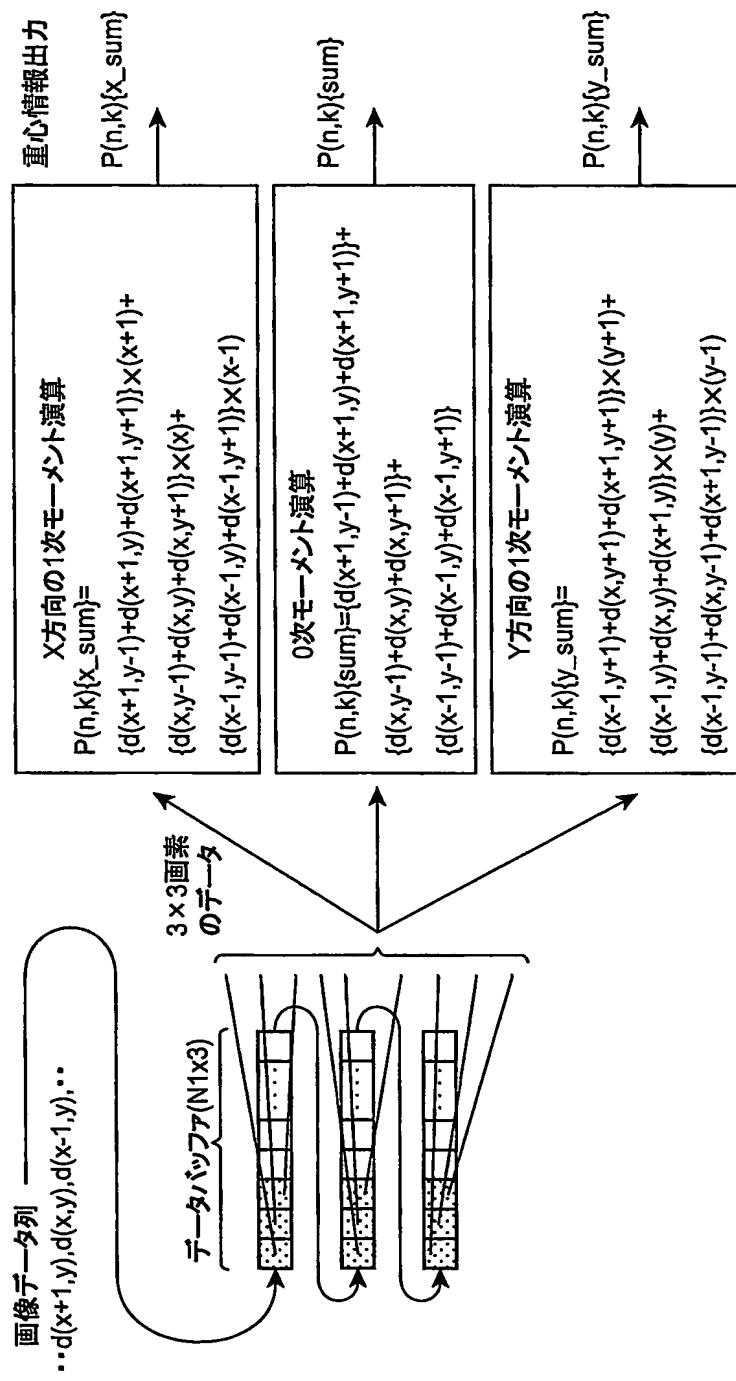


図10



図11A

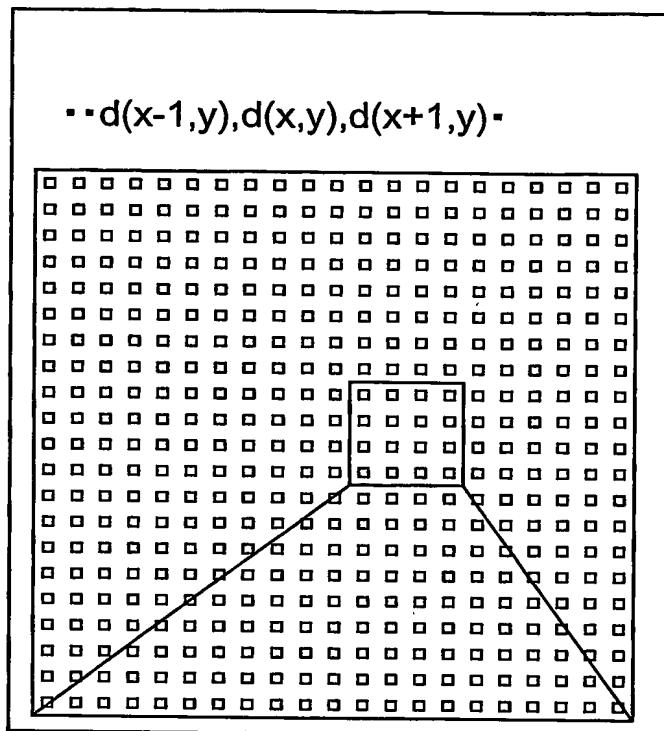


図11B

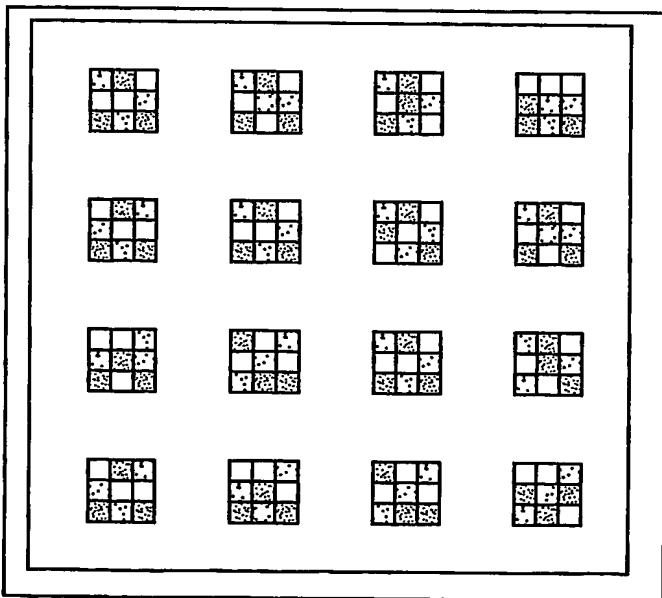


図12

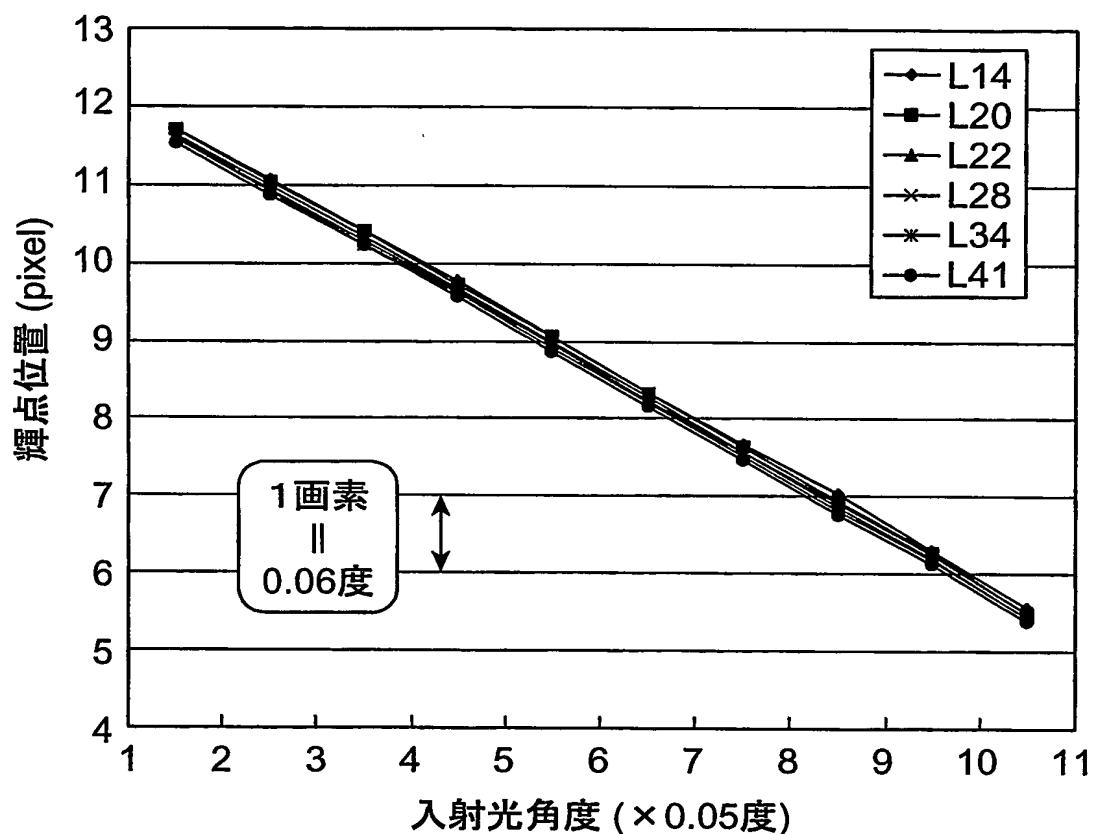
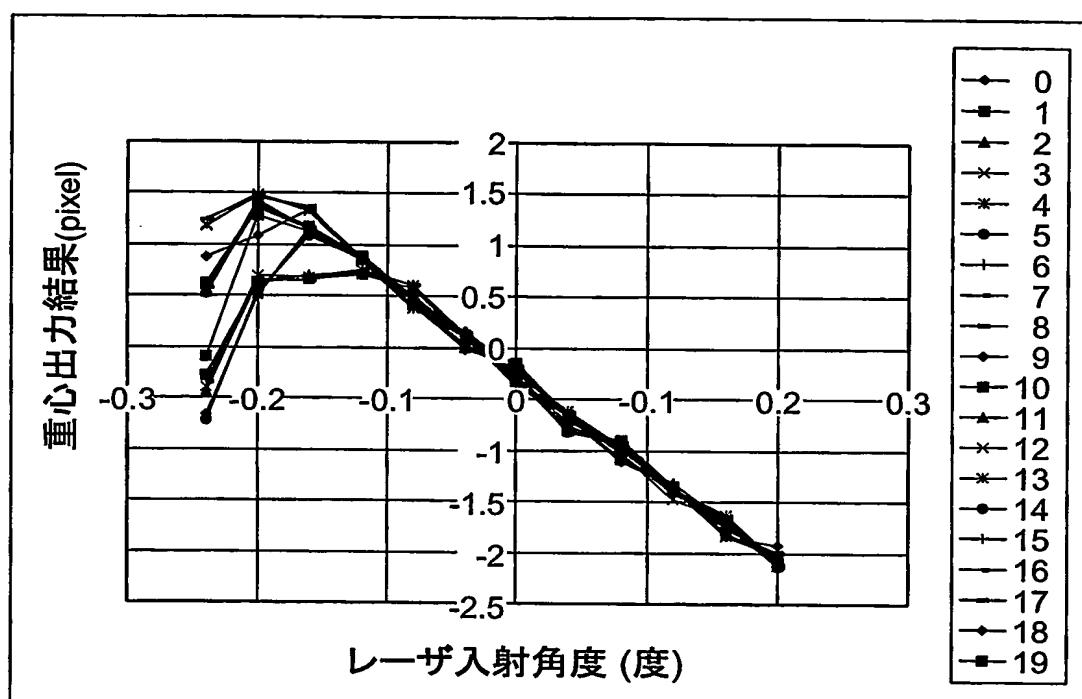


図13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12728

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl' G01J9/00, G01B11/00, G01B11/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl' G01J9/00-9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI/L

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 95/34800 A (VISIONIX LTD.), 21 December, 1995 (21.12.95), Page 16, lines 6 to 25; page 29, line 17 to page 33, line 33; Figs. 13, 18 to 20 & US 5825476 A & EP 765468 A	1, 2, 5-7 <u>3, 4</u>
Y	JP 2000-283853 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 October, 2000 (13.10.00), Par. Nos. [0027] to [0029]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	3
Y	JP 8-262650 A (Canon Inc.), 11 October, 1996 (11.10.96), Par. No. [0010] (Family: none)	4

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 December, 2003 (02.12.03)Date of mailing of the international search report
16 December, 2003 (16.12.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. C1' G01J 9/00, G01B 11/00, G01B 11/28

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. C1' G01J 9/00-9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

WPI/L

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	WO 95/34800 A (VISIONIX LTD.) 1995.12.21	1, 2, 5-7
Y	第16頁第6行-第25行, 第29頁第17行-第33頁第33行, 第13, 18-20図 & US 5825476 A & EP 765468 A	3, 4
Y	JP 2000-283853 A (三菱電機株式会社) 2000.10.13 段落番号【0027】-【0029】, 第1-2図 (ファミリーなし)	3
Y	JP 8-262650 A (キヤノン株式会社) 1996.10.11 段落番号【0010】 (ファミリーなし)	4

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.12.03

国際調査報告の発送日

16.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）
高場 正光

2W 2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3290